

A**ALFABETO**

(Character set) *Nome* • Un – è un insieme finito e non vuoto di simboli. Si indica con la lettera greca maiuscola

Σ . Tra gli – più comuni ci sono quello binario, $\Sigma = \{0, 1\}$, l'insieme delle lettere minuscole (o maiuscole) della lingua italiana, le cifre decimali, ecc.

B**D****DEDUTTIVA, DIMOSTRAZIONE**

(Deductive proof) *Agg.* • Una dimostrazione – è un processo logico che consiste in una sequenza di passi giustificati, partendo da un'ipotesi o un insieme di ipotesi, al fine di raggiungere una conclusione o tesi. Ogni passo della dimostrazione deve essere logicamente valido, seguendo regole e principi ben definiti, in modo che la validità della tesi sia garantita a partire dalle ipotesi iniziali.

INDUTTIVA, DIMOSTRAZIONE

(Inductive proof) *Agg.* • Si tratta di un tipo di dimostrazione che, in modo ricorsivo, verifica la validità di un enunciato parametrizzato partendo da considerazioni specifiche. Queste considerazioni dipendono da valori ristretti del parametro, estendendosi gradualmente fino a confermare la sua verità per valori più generali.

Esempio. — Sia $S(n)$ una proposizione dipendente da un numero naturale n . Per esempio, $S(n)$ potrebbe essere la formula per calcolare la somma dei primi n numeri naturali:

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2}$$

La formula stabilisce che per ogni intero n si ha

$$1 + 2 + \dots + (n-1) + n = \frac{n(n+1)}{2}.$$

La dimostrazione induttiva consiste nel mostrare che la formula è vera per un valore particolare detto *base*, in questo caso si sceglie $n = 1$ e si ottiene proprio l'uguaglianza

$$1 = \frac{1(1+1)}{2}.$$

Dopodiché si dimostra l'implicazione

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2} &\Rightarrow \\ \Rightarrow \sum_{i=1}^{n+1} i &= \frac{(n+1)(n+2)}{2}, \end{aligned}$$

cioè che la verità della formula con il valore $n+1$ dipende dalla verità della formula con n , detta *ipotesi induttiva*. Infatti, si ha che

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n+1} &= 1 + 2 + \dots + n + (n+1) = \\ &= \frac{n(n+1)}{2} + (n+1) = \\ &= \dots = \frac{(n+1)(n+2)}{2}. \end{aligned}$$

L

LINGUAGGIO

(Language) *Nome* • Un – è un insieme di stringhe di caratteri, o simboli, appartenenti a un determinato **alfabeto**. In altri termini, si compone di una collezione di parole utilizzate per la comunicazione tra diverse entità o soggetti.

Dato un alfabeto Σ con n simboli a_1, a_2, \dots, a_n , il – L che contiene tutte le parole w formate da uno o più simboli di Σ , inclusa la **stringa vuota** ϵ , è indicato formalmente nel seguente modo:

$$L = \{\epsilon, w_1, w_2, \dots, w_k\}, \quad k \in N.$$

L potrebbe dunque essere l'insieme delle parole chiave di un – di programmazione. Potrebbe anche essere il – matematico, con i suoi simboli e le sue regole, o il – musicale, con le sue note e le sue pause. Inoltre, esiste il – vuoto, indicato con il simbolo \emptyset , che non contiene alcuna parola. Se con Σ^* si indica l'insieme di tutte le parole che si possono formare con i simboli dell'alfabeto Σ , allora formalmente il – L è un sottoinsieme, finito o infinito, di Σ^* . Per esempio il – matematico è intrinsecamente infinito: la sua natura dinamica implica l'aggiunta costante di nuovi termini e simboli e la struttura ricorsiva delle sue regole generative permette la creazione di un numero illimitato di parole.

La nozione di **linguaggio formale** è uno strumento potente che trova applicazioni in diversi campi, come la teoria della computazione e l'intelligenza artificiale.

Le caratteristiche che distinguono un – sono il suo alfabeto (i simboli utilizzati per costruire le parole), la **grammatica** (l'insieme di regole che definiscono la struttura sintattica), la **semantica** (il significato che si attribuisce alle stringhe) e la **pragmatica** (l'analisi dei contesti nei quali le frasi assumono un significato specifico).

In generale, si differenziano i **linguaggi naturali**, utilizzati per l'interazione tra individui in un contesto sociale, dai – artificiali, creati per scopi specifici. I – naturali sono caratterizzati da una struttura complessa e flessibile, che si è evoluta nel tempo attraverso l'uso quotidiano. Esempi di – naturali sono l'italiano, l'inglese, il cinese e lo spagnolo. I – artificiali, invece, sono progettati per soddisfare esigenze specifiche e sono spesso caratterizzati da una struttura più rigida e precisa. Esempi di – artificiali sono il linguaggio C++ per la programmazione in informatica, il linguaggio XML per la formattazione delle comunicazioni tecniche e il linguaggio SQL per la gestione di database.

Ci sono quindi due campi di studio distinti: la teoria dei – formali e la teoria dei – naturali. I – formali sono utilizzati per rappresentare e analizzare formalmente diversi tipi di dati, tra cui i linguaggi di programmazione, le espressioni regolari, i linguaggi di markup, ecc. Nello studio di questi –, si analizzano le proprietà, le strutture e le relazioni con vari modelli matematici come gli automi finiti, gli automi a pila, le macchine astratte, ecc., in grado di rappresentarli. D'altra parte, lo studio dei – naturali riguarda l'analisi e la comprensione dei modelli linguistici nella comunicazione interpersonale.

A causa della variabilità e della complessità dei – naturali, non è possibile raggiungere un livello di completezza, efficienza e formalizzazione totale. Cioè, dal punto di vista matematico, le specifiche permettono di sviluppare strumenti di elevata efficacia per l'elaborazione dei – artificiali, si pensi al componente di un compilatore per l'analisi lessicale, mentre non si raggiunge lo stesso grado di perfezione nel trattamento dei – naturali. Ad esempio, la traduzione automatica da una lingua all'altra non sempre

produce i risultati desiderati, a causa dell'*ambiguità*¹ intrinseca delle lingue naturali. Inoltre, un – scritto si presta meglio alla traduzione meccanica poiché le parole sono chiaramente separate da spazi bianchi, mentre nel formato vocale il segnale acustico continuo, rende più complesso distinguere nettamente le parole. Così, la ricerca scientifica nel campo della traduzione automatica affronta la sfida di gestire le sfumature linguistiche, i contesti culturali e le ambiguità dei – naturali che rendono il processo di traduzione complesso e suscettibile di errori. Comunque, un certo grado di automazione può essere raggiunto anche con i linguaggi naturali, allorché si restringe il vocabolario a parole specifiche per comporre frasi precise e prive di ambiguità. In questo contesto, un esempio concreto di automazione si trova spesso nei messaggi trasmessi nelle stazioni ferroviarie, negli annunci aeroportuali o nei sistemi di guida vocale.

La distinzione tra – naturali e formali non è però sempre netta e esistono – ibridi che combinano caratteristiche di entrambi. Ad esempio, il linguaggio matematico può essere considerato un – ibrido, in quanto presenta aspetti sia naturali che artificiali.

La storia della teoria dei – formali è strettamente intrecciata con lo sviluppo della matematica, della logica e dell'informatica. Le prime formulazioni di – formali risalgono agli inizi del XX secolo, quando matematici come Hilbert e Gödel stavano investigando i fondamenti della matematica e della logica.

Tuttavia, il vero impulso allo studio dei – formali è arrivato negli anni '50 e '60 del XX secolo, con il lavoro pionieristico di figure come Noam Chomsky, Alonzo Church e Alan Turing. Chomsky ha introdotto la gerarchia che porta il suo nome, una classificazione dei – formali in base alla loro complessità, che ha contribuito

alla comprensione della struttura dei – e all'elaborazione di grammatiche formali. Invece, Church e Turing hanno sviluppato modelli computazionali fondamentali come la macchina di Turing e il **calcolo lambda**, che hanno dimostrato l'equivalenza tra diversi formalismi di calcolo e hanno stabilito i limiti della **computabilità**.

LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE

(Programming language) *Nome* • I linguaggio di programmazione

LINGUAGGIO FORMALE

(Formal language) *Nome* • **Vd. Linguaggio**

¹Si consideri la seguente frase italiana: "*Mario dorme sugli allori*", può essere considerata ambigua perché la parola "*allori*" ha diverse interpretazioni: letterale, cioè Mario ha allestito un'amaca tra due allori e sta dormendo lì, e figurata, Mario sta riposando sui suoi successi.

P

PARENTESI BEN BILANCIATE

(Well-balanced parentheses) *Nome*

- Dato un linguaggio

S

STRINGA

(String) *Nome* • Sinonimo di **parola**. Termine utilizzato per indicare una sequenza finita di caratteri scelti da un **alfabeto**. Questi oggetti hanno una lunghezza definita come *il numero di posizioni occupate dai simboli nella* –. Tuttavia, è abbastanza comune definire il concetto di lunghezza con la frase: "il numero di simboli della stringa". Sebbene sia un'espressione accettabile, è formalmente incorretta. Infatti, ogni – binaria ha solo due simboli, 0 e 1, che possono anche essere ripetuti zero volte.

La lunghezza di una parola w , denota con $|w|$ (letto *modulo di w* oppure *lunghezza di w*), rappresenta il numero di posizioni occupate dai simboli in essa. La – *vuota* ha zero posizioni disponibili per i simboli, viene indicata con la lettera greca ϵ , e la sua lunghezza è $|\epsilon| = 0$.